

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-540696

(P2002-540696A)

(43) 公表日 平成14年11月26日 (2002. 11. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 4 R 3/00	3 2 0	H 0 4 R 3/00	3 2 0 5 D 0 2 0

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2000-607441 (P2000-607441)
(86) (22) 出願日 平成12年3月20日 (2000. 3. 20)
(85) 翻訳文提出日 平成13年9月18日 (2001. 9. 18)
(86) 国際出願番号 PCT/DE 0 0 / 0 0 8 5 9
(87) 国際公開番号 WO 0 0 / 5 7 6 7 1
(87) 国際公開日 平成12年9月28日 (2000. 9. 28)
(31) 優先権主張番号 1 9 9 1 2 5 2 5. 2
(32) 優先日 平成11年3月19日 (1999. 3. 19)
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)
(31) 優先権主張番号 1 9 9 3 4 7 2 4. 7
(32) 優先日 平成11年7月23日 (1999. 7. 23)
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

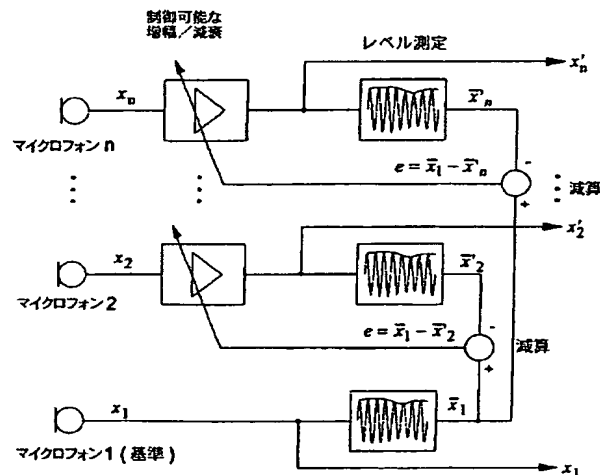
(71) 出願人 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
Siemens Aktiengesellschaft
ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
ヴィッテルスバッハープラッツ 2
(72) 発明者 シュテファノ アンプロシウス クリンケ
ドイツ連邦共和国 ボッホルト ヴィンター
スヴィーカーシュトラッセ 34
(72) 発明者 ディーター レックシャート
ドイツ連邦共和国 ボッホルト ヘムデナー
ヴェーク 27ベー
(74) 代理人 弁理士 矢野 敏雄 (外4名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ノイズ音響に満ちた環境でのオーディオ信号の受信と処理のための方法

(57) 【要約】

ノイズ条件のもとで良好な有効信号-ノイズ信号-比を有し、かつ、とりわけ残響のない環境内で直接の音と反射された音との間の良好な比を有するオーディオ信号を受け取り、処理するために、予め設定されたマイクロフォン配置構成によって、受け取ったオーディオ信号から変換によって形成された電気的信号が、以下のように処理される。すなわち、前記マイクロフォン配置構成のマイクロフォンでの音圧レベルが同じ場合には、これらの形成された、種々の強い電気的信号によって、マイクロフォンのさまざまな感度が自動的に、すなわち補償プロシージャを手動で個々別々に実行することなしに、補償される。この場合、本発明は、マイクロフォンのアレイの特性をマイクロフォンの感度を補償するための方法と組み合わせるという考えに基づいている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノイズ音響に満ちた環境でのオーディオ信号の受信と処理のための方法において、

- a) 少なくとも2つのマイクロフォンが、ノイズ音響に満ちた環境に存在する音源に関してマイクロフォン配置構成を造形すべく所定のマイクロフォン間隔において対で配置され、
- b) 前記複数のマイクロフォン、すなわち第1のマイクロフォンと少なくとも1つの第2のマイクロフォンを、第1のマイクロフォンによって定められる主軸に関して配置し、該配置によって第2のマイクロフォンが主軸に対し所定の傾斜角度ないし調整角度で配置され、および/または第2のマイクロフォンが主軸ないし第1のマイクロフォンに対して所定のオフセット間隔で配置され、
- c) 複数のマイクロフォンからピックアップされたオーディオ信号が変換によって電氣的信号に処理され、この処理の際にはマイクロフォンにおいて同じ音圧レベルのもとで、そこから生成される種々異なる強さの電気信号、異なる感度および/または異なる周波数レスポンスが自動的に補償されるようにしたことを特徴とする方法。

【請求項2】 第1のマイクロフォンが第1の電気信号を生成し、それぞれ第2のマイクロフォンがそのつど第2の電気信号を生成する場合に、第1の電気信号と1つまたは複数の第2の電気信号が対毎に処理され、この処理の際にマイクロフォンによって生成された電気信号においてそのつどの種々異なる感度および/または周波数レスポンスが自動的に補償される、請求項1記載の方法。

【請求項3】 種々異なる感度の補償の際に、

- a) 第1の電気信号と第2の電気信号がフィルタリングされ、
- b) 前記フィルタリングされた複数の電気信号から、信号レベル差が形成され、
- c) フィルタリングされなかった信号を少なくとも部分的に、そのつどの信号レベルに関する信号レベル差に依存してこの信号レベル差がそのつど実質的に値“0”になるまで変更する、請求項1または2記載の方法。

【請求項4】 a) フィルタリングされなかった複数の電気信号からそのつど和信号と差信号を対で形成し、

b) それぞれの和信号と差信号からそのつどの高次の指向特性を得るために、線形結合の形成および/または遅延和方式“Delay-and-sum-Prinzip”による伝播時間遅延によって共通の有効信号を形成し、

c) 前記有効信号を、所望の周波数レスポンスと所望の感度の獲得のためにフィルタリングする、請求項3記載の方法。

【請求項5】 音源が実質的に主軸に対して直交的に配置されている場合に、第1の電気信号と第2の電気信号を任意にフィルタリングし、例えばローパスフィルタリング、ハイパスフィルタリング、帯域パスフィルタリングなどのフィルタリングを施す、請求項3または4記載の方法。

【請求項6】 音源が実質的に主軸に対して直交的に配置されていない場合に、第1の電気信号と第2の電気信号をローパスフィルタリングし、ローパスフィルタリングされた周波数の波長を、2つのマイクロフォンを用いたマイクロフォン配置構成のもとでは、マイクロフォン間隔の2倍よりも大きくし、3つ以上のマイクロフォンを用いたマイクロフォン配置構成のもとでは、個々のマイクロフォン間隔の和よりも大きくする、請求項3または4記載の方法。

【請求項7】 種々異なる感度の補償の際に、

a) 第1の電気信号と第2の電気信号からそのつど信号レベルを測定し、
b) 電気的な信号の測定された信号レベルから信号レベル差を形成し、
c) 電気的な信号を少なくとも部分的に、そのつどの信号レベルに関する信号レベル差に依存してこの信号レベル差がそれぞれ実質的に値“0”になるまで変更する、請求項2記載の方法。

【請求項8】 a) 複数の電気信号からそのつど和信号と差信号を対で形成し、

b) それぞれの和信号と差信号からそのつどの高次の指向特性を得るために、線形結合の形成および/または遅延和方式“Delay-and-sum-Prinzip”による伝播時間遅延によって共通の有効信号を形成し、

c) 前記有効信号を、所望の周波数レスポンスと所望の感度の獲得のためにフィルタリングする、請求項7記載の方法。

【請求項9】 種々異なる周波数レスポンスの補償の際に、

- a) 第1の電気信号と第2の電気信号を n 段 ($n \in \mathbb{N}$) のフィルタリングを施し、
- b) フィルタリングされた第1の電気信号とフィルタリングされた第2の電気信号からそのつどの信号レベルを測定し、
- c) フィルタリングされた複数の電気信号の測定された信号レベルから信号レベル差を形成し、
- d) 複数の電気信号のフィルタリングを、少なくとも部分的に、そのつどの信号レベルに関する信号レベル差に依存して、この信号レベル差がそれぞれ実質的に値“0”になるまで変更する、請求項2または7または8記載の方法。

【請求項10】 第1の電気的信号と第2の電気的信号を、 n 段 ($n \in \mathbb{N}$) の帯域パスフィルタリングを施す、請求項9記載の方法。

- 【請求項11】 a) 第1の電気信号から、または n 段のフィルタリングが施された第1の電気信号の総和信号から、または n 段のフィルタリングが施された第2の電気信号の総和信号から、そのつど和信号と差信号を対で形成し、
- b) それぞれの和信号と差信号からそのつどの高次の指向特性を得るために、線形結合の形成および/または遅延和方式“Delay-and-sum-Prinzip”による伝播時間遅延によって共通の有効信号を形成し、
- c) 前記有効信号を、所望の周波数レスポンスと所望の感度の獲得のためにフィルタリングする、請求項9または10記載の方法。

【請求項12】 種々異なる周波数レスポンスの補償の際に、

- a) 第1の電気信号および/または第2の電気信号を歪み補正のためにフィルタリングし、
- b) 第1の電気信号と第2の電気信号を重み付けのためにフィルタリングし、
- c) 重み付けされた第1の電気信号と重み付けされた第2の電気信号からそのつど信号レベルを測定し、
- d) 前記重み付けされた電気信号の測定された信号レベルから信号レベル差を形成し、
- e) 電気信号の歪み補正フィルタリングを、少なくとも部分的にそのつどの信号レベルに関する信号レベル差に依存して、信号レベル差がそれぞれ実質的に値“

0”になるまで変更する、請求項2または7または8記載の方法。

【請求項13】 a) 第1の電気信号からかまたは歪み補正された第1の電気信号及び歪み補正された第2の電気信号からそのつど和信号と差信号を対で形成し、

b) それぞれの和信号と差信号からそのつどの高次の指向特性を得るために、線形結合の形成および/または遅延和方式“Delay-and-sum-Prinzip”による伝播時間遅延によって共通の有効信号を形成し、

c) 前記有効信号を、所望の周波数レスポンスと所望の感度の獲得のためにフィルタリングする、請求項12記載の方法。

【請求項14】 マイクロフォン配置構成を、2つの指向性マイクロフォンないしグラジエントマイクロフォンから形成する、請求項1から13いずれか1項記載の方法。

【請求項15】 前記マイクロフォン配置構成は、3つの無指向性マイクロフォンから形成される、請求項1から13いずれか1項記載の方法。

【請求項16】 前記傾斜角度ないし調整角度は、この傾斜角度ないし調整角度が 0° ～ 40° の範囲の角度をなすように設定される、請求項1から15いずれか1項記載の方法。

【請求項17】 前記オフセット間隔は、このオフセット間隔がマイクロフォン間隔以下になるように設定される、請求項1から16いずれか1項記載の方法。

【請求項18】 前記マイクロフォン配置構成は、“音響的境界面”に配置される、請求項1から17いずれか1項記載の方法。

【請求項19】 ノイズ音響に満ちた環境でのオーディオ信号の受信と処理のための装置において、

a) 少なくとも2つのマイクロフォンが、ノイズ音響に満ちた環境に存在する音源に関してマイクロフォン配置構成を造形すべく所定のマイクロフォン間隔において対で配置され、

b) 前記複数のマイクロフォン、すなわち第1のマイクロフォンと少なくとも1つの第2のマイクロフォンを、第1のマイクロフォンによって定められる主軸に

関して配置し、該配置によって第2のマイクロフォンが主軸に対し所定の傾斜角度ないし調整角度で配置され、および/または第2のマイクロフォンが主軸ないし第1のマイクロフォンに対して所定のオフセット間隔で配置され、

c) 第1のフィルタが設けられており、該第1のフィルタは、第1のマイクロフォンから変換によって生成された第1の電気信号と各第2のマイクロフォンから変換によって生成された第2の電気信号をフィルタリングし、これらの信号は種々異なる感度および/または周波数レスポンスを有しており、

d) フィルタリングされた電気信号から信号レベル差を対で生成する信号レベル差形成手段を有しており、

e) 制御手段が設けられており、該制御手段は、前記信号レベル差形成手段と接続され、これによって、フィルタリングされなかった電気信号が少なくとも部分的に、そのつどの信号レベルに関する信号レベル差に依存してこの信号レベル差がそのつど実質的に値“0”になるまで変更されるように構成されていることを特徴とする装置。

【請求項20】 a) 和形成手段が設けられており、該手段は、フィルタリングされていない信号からそのつど和信号と差信号を対で形成し、

b) それぞれの和信号と差信号から遅延和方式“Delay-and-sum-Prinzip”によりそのつどの高次の指向特性を得るためにそのつど共通の有効信号を形成する、線形結合形成および/または伝播時間遅延の形成のための手段を有し、

c) 第2のフィルタが設けられており、該第2のフィルタは、前記有効信号を、所望の周波数レスポンスと所望の感度を得るためにフィルタリングする、請求項19記載の装置。

【請求項21】 音源が実質的に主軸に対して直交的に配置されている場合に、第1のフィルタは、ローパスフィルタ、ハイパスフィルタまたは帯域パスフィルタである、請求項19または20記載の装置。

【請求項22】 音源が実質的に主軸に対して直交的に配置されていない場合に、第1のフィルタは、ローパスフィルタであり、ローパスフィルタリングされた周波数の波長は、2つのマイクロフォンを備えたマイクロフォン配置構成のもとではマイクロフォン間隔の2倍よりも大きく、3以上のマイクロフォンを備

えたマイクロフォン配置構成のもとでは、個々のマイクロフォン間隔の和よりも大きい、請求項21記載の装置。

【請求項23】 ノイズ音響に満ちた環境でのオーディオ信号の受信と処理のための装置において、

(a) 少なくとも2つのマイクロフォンが、それ自体ノイズ音響に満ちた環境にある音源に関して、対で所定のマイクロフォン間隔で配置されることでマイクロフォン配置構成を形成しており、

(b) 前記マイクロフォン、すなわち第1のマイクロフォンおよび少なくとも1つの第2のマイクロフォンは、前記第1のマイクロフォンによって定められる主軸に関して、前記第2のマイクロフォンが、前記主軸に対する傾斜角度もしくは調節角度で、および／または前記主軸もしくは前記第1のマイクロフォンに対する所定の配置間隔で配置されているように、配置されており、

(c) 信号レベルを測定するための手段が、前記第1のマイクロフォンから変換によって形成された第1の電気的信号からの信号レベル、および前記第2のマイクロフォンのそれぞれから変換によって形成された第2の電気的信号からの信号レベルを測定し、その際、信号は種々の感度を有しており、

(d) 信号レベル差を形成するための手段が、測定された電気的信号から対で信号レベル差を形成し、

(e) 電気的信号が、少なくとも部分的にそれぞれの信号レベルに関する信号レベル差に依存して、信号レベル差がそれぞれ実質的に値「0」をとるまで変更されるように、制御手段が前記信号レベル差を形成するための手段と接続され、構成されている、

ことを特徴とする装置。

【請求項24】 (a) 電気的信号からそれぞれ対で和信号および差分信号を形成する、和形成手段が設けられており、

(b) 遅延和方式に従って、それぞれの和信号および差分信号から高次の指向特性を得るために、それぞれ共通の有効信号を形成する、線形結合および／またはランタイム遅延を形成するための手段が設けられており、

(c) 所望の周波数応答および所望の感度を得るために、有効信号をフィルタ

リングする、フィルタが設けられている、

請求項23に記載の装置。

【請求項25】 ノイズ音響に満ちた環境でのオーディオ信号の受信と処理のための装置において、

(a) 少なくとも2つのマイクロフォンが、それ自体ノイズ音響に満ちた環境内にある音源に関して、対で所定のマイクロフォン間隔で配置されることでマイクロフォン配置を形成しており、

(b) 前記マイクロフォン、すなわち第1のマイクロフォンおよび少なくとも1つの第2のマイクロフォンは、前記第1のマイクロフォンによって定められる主軸に関して、前記第2のマイクロフォンが、前記主軸に対する傾斜角度もしくは調節角度で、および／または前記主軸もしくは前記第1のマイクロフォンに対する所定の配置間隔で配置されているように、配置されており、

(c) フィルタが、前記第1のマイクロフォンから変換によって形成された第1の電気的信号、および前記第2のマイクロフォンのそれぞれから変換によって形成された第2の電気的信号をフィルタリングし、その際、信号は種々の n 倍の周波数応答を有しており、 $n \in \mathbb{N}$ 、

(d) 信号レベルを測定するための手段が、フィルタリングされた第1の電気的信号およびフィルタリングされた第2の電気的信号の信号レベルを測定し、

(d) 信号レベル差を形成するための手段が、フィルタリングされた電気的信号から対で信号レベル差を形成し、

(f) 電気的信号のフィルタリングが、少なくとも部分的に信号レベル差に依存して、それぞれの信号レベルに関して、信号レベル差がそれぞれ実質的に値「0」をとるまで変更されるように、制御手段が前記信号レベル差を形成するための手段と接続され、構成されている、

ことを特徴とする装置。

【請求項26】 前記フィルタは帯域通過フィルタである、請求項25に記載の装置。

【請求項27】 (a) 前記第1の電気的信号から、または n 段のフィルタリングが施された第1の電気的信号の第1の和信号から、および n 段のフィルタ

リングが施された第2の電気的信号の第2の和信号から、それぞれ和信号および差分信号を対で形成する、和形成手段が設けられており、

(b) 遅延和方式に従って、それぞれの和信号および差分信号から高いオーダーの指向特性を得るために、それぞれ共通の有効信号を形成する、線形結合および/またはランタイム遅延を形成するための手段が設けられており、

(c) 所望の周波数応答および所望の感度を得るために、有効信号をフィルタリングする、フィルタが設けられている、

請求項25または26に記載の装置。

【請求項28】 ノイズ音響に満ちた環境でのオーディオ信号の受信と処理のための装置において、

(a) 少なくとも2つのマイクロフォンが、それ自体ノイズ音響に満ちた環境にある音源に関して、対で所定のマイクロフォン間隔で配置されることでマイクロフォン配置を形成しており、

(b) 前記マイクロフォン、すなわち第1のマイクロフォンおよび少なくとも1つの第2のマイクロフォンは、前記第1のマイクロフォンによって定められる主軸に関して、前記第2のマイクロフォンが、前記主軸に対する傾斜角度もしくは調節角度で、および/または前記主軸もしくは前記第1のマイクロフォンに対する所定の配置間隔で配置されているように、配置されており、

(c) 補償フィルタが、前記第1のマイクロフォンから変換によって形成された第1の電気的信号、および前記第2のマイクロフォンのそれぞれから変換によって形成された第2の電気的信号をフィルタリングし、その際、信号は種々の周波数応答を有しており、

(d) 評価フィルタが、前記第1の電気的信号および前記第2の電気的信号をフィルタリングし、

(e) 信号レベルを測定するための手段が、フィルタリングされた第1の電気的信号およびフィルタリングされた第2の電気的信号の信号レベルを測定し、

(f) 信号レベル差を形成するための手段が、フィルタリングされた電気的信号から対で信号レベル差を形成し、

(g) 電気的信号の補償フィルタリングが、少なくとも部分的に信号レベル差

に依存して、それぞれの信号レベルに関して、信号レベル差がそれぞれ実質的に値「0」をとるまで変更されるように、制御手段が前記信号レベル差を形成するための手段と接続され、構成されている、
ことを特徴とする装置。

【請求項29】 (a) 前記第1の電氣的信号から、または補償フィルタリングされた第1の電氣的信号から、および補償フィルタリングされた第2の電氣的信号から、それぞれ対で和信号および差分信号を形成する、和形成手段が設けられており、

(b) 遅延和方式に従って、それぞれの和信号および差分信号から高いオーダーの指向特性を得るために、それぞれ共通の有効信号を形成する、線形結合および/またはランタイム遅延を形成するための手段が設けられており、

(c) 所望の周波数応答および所望の感度を得るために、有効信号をフィルタリングする、フィルタが設けられている、

請求項28に記載の装置。

【請求項30】 前記マイクロフォンが、作動点を外部配線によってセットできる積分増幅器を有するマイクロフォンとして構成されており、

制御手段が、

(a) 一定の電圧と、信号レベル差信号と増幅係数の積との和から生じるマイクロフォン給電電圧を介して、感度および/または周波数応答が制御可能であり、または

(b) 信号レベル差信号と増幅係数の積に比例して、一定の量によって補足される物理的な制御量を介して、マイクロフォン供給インピーダンスが、感度および/または周波数応答が制御可能であるように設定できる、
ように構成されている、請求項19から29のいずれか1項に記載の装置。

【請求項31】 前記マイクロフォン配置構成は、2つの指向性マイクロフォンまたは勾配マイクロフォンを有している、請求項19から30のいずれか1項に記載の装置。

【請求項32】 前記マイクロフォン配置構成は3つの全指向性マイクロフォンを有している、請求項19から30のいずれか1項に記載の装置。

【請求項33】 前記傾斜角度または調節角度は、該傾斜角度または調節角度が、 0° から 40° の間の領域の角度を有するように予め設定されている、請求項19から32のいずれか1項に記載の装置。

【請求項34】 前記配置間隔は、該配置間隔が前記マイクロフォン間隔よりも小さいか、または前記マイクロフォン間隔と等しく予め設定されている、請求項19から32のいずれか1項に記載の装置。

【請求項35】 前記マイクロフォン配置構成は、音響的な境界面に配置されている、請求項19から34のいずれか1項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

ノイズ音響の充満する環境内でオーディオ信号（例えば、音声信号、及び／又は、トーン信号）を検出及び処理するための従来技術の方法及び装置は、1次の指向性マイクロフォン（グラディエントマイクロフォン）、又は、2つ以上の個別マイクロフォン（例えば、球状マイクロフォン）のマイクロフォンアレイに基づいている。後者の場合、各マイクロフォンの周波数特性を補償するために、付加的なデジタルフィルタが用いられている。

【0002】

指向性マイクロフォンもマイクロフォンアレイも、自由音場マイクロフォンに属し、その指向性作用により、有効音響とノイズ音響とを分離することができ、その出力信号は、「遅延和("Delay-and-Sum") (アレイ)」方式を介して加算される。

【0003】

マイクロフォンアレイは、空間的に分離して配置された複数のマイクロフォンから構成された装置であり、各マイクロフォンの信号は、装置全体の感度が指向性を持っているように処理される。音響信号がアレイの種々異なるマイクロフォンに入射する各進行時間差（位相関係）から指向性が得られる。その例としては、所謂グラディエントマイクロフォン又はマイクロフォンアレイがある（「遅延和ービーム("Delay-and-Sum-Beam")ーフォーマー」方式により作動する）。マイクロフォンアレイを技術的に構成する際、使用される個別マイクロフォンの、感度及び周波数特性に関しての直列方向での散乱(Serienstreuung)の問題がある。その際、感度は、マイクロフォンの特性を示し、所定の音響圧レベルから電気信号が形成される。周波数特性は、周波数に亘ってのマイクロフォンの感度を示す。マイクロフォン製造業者によって提供される許容偏差領域は、典型的には、 $\pm 2 \sim \pm 4$ dBである。これらのマイクロフォン特性がマイクロフォンアレイ内で種々異なっている場合、装置全体の周波数特性及び指向性特性は否定的な作用を及ぼされる。一般的には、周波数特性は高いリップルを有しており、指向性作用は明らかに低減する。表1には、この関連で、2次グラディエントマイクロフォ

ン（2つの個別カージ oid マイクロフォンからなるマイクロフォンアレイ）が異なった感度を持っている場合、両個別マイクロフォンの指向性指数が低下することが示されている。この際、この指向性指数により、拡散して入射された音波をマイクロフォン主軸から入射する有効音波に対して抑制することができることが示される。

【0004】

従来技術では、アレイの個別マイクロフォンの感度及び周波数特性を、音響測定によって特定し、適切な電氣的な増幅器及びフィルタによって相互に合致させる必要があった。この測定の際、スピーカを介して発生された音響基準信号で、測定すべきマイクロフォンを励起して、マイクロフォンによって発生された電気信号を受信する必要がある。それから、このマイクロフォン信号から、補償に必要な増幅係数及びフィルタパラメータを算出して、相応に調整することができる。

【0005】

マイクロフォンパラメータの音響測定には、高い技術的なコストが掛かり、相応のコストがマイクロフォンアレイの製造時に生じる。しかも、マイクロフォンアレイの製造時に等化され、その結果、このマイクロフォンは、この1つの作動状態にしか有効でない。他の作動状態、例えば、異なった給電電圧、及び、マイクロフォンのエージング効果は、考慮されない。

【0006】

米国特許第5463694号明細書から、グラディエントマイクロフォンシステムが公知であり、この際、マイクロフォンはほぼ同じ周波数特性と同じ感度を有しているという考察から出発している。技術的概念「感度」は、所定音圧レベルから所定の電気信号を形成するマイクロフォン特性のことである。

【0007】

従って、本発明が基づく課題は、ノイズ音響状況下での良好な有効信号対ノイズ信号比で、殊に残響のない環境内での直接音響と反射音響との良好な比で、オーディオ信号を受信して処理することである。

【0008】

本発明によると、この課題は、特許請求の範囲第 1 項及び第 19 項記載の要件により解決される。

【0009】

本発明が基づく技術思想は、所定のマイクロフォン装置によって受信されたオーディオ信号から変換によって形成された電気信号を処理して、マイクロフォン装置の各マイクロフォンに同じ音圧レベルが生じている場合、このマイクロフォンによって生じた種々異なる強度の電気信号—マイクロフォンの種々異なる感度を自動的に補償する、即ち、マニュアルにより個別且つ別個に行うべき補償プロセス—を補償する点にある。

【0010】

その際、本発明が基づく考察では、マイクロフォンアレイの特性を、マイクロフォン感度補償方法の特性と組み合わせるのである。

【0011】

このやり方の利点としては、簡単に構成して（最適な）結果を達成することができ、マイクロフォン装置（アレイ）の複雑度と、この結果との良好な関係にすることができる。

【0012】

本発明により達成可能な結果は、米国特許第 5463694 号で達成可能な結果に較べて、明らかに改善されている。これは、以下の表から分かる：

この表は、「マイクロフォンの感度差（デルタ）」と、「指向性指数」との関係を示す：

デルタ (dB)	指向性指数 (dB)
0	8, 7
1	8, 4
2	8, 1
3	7, 8
4	7, 5
5	7, 2
6	6, 9

結論：マイクロフォンの感度差が大きくなればなる程、指向性指数が劣化する。

【0013】

この方法乃至装置によると、ノイズ音響が充満した、どんな環境でも、マイクロフォン装置の最適な指向性指数を達成することができる（と言うのは、マイクロフォンの感度は、常に自動的に補償されるからである）。

【0014】

指向性マイクロフォンを判定するためのパラメータは、指向性指数である。この指向性指数により、具体的に言うと、拡散して（あらゆる方向から）入射する音響を、主軸からの有効音響に対して抑制することができる程度が示される。その際、集束度は、対数量であり、従って、デシベル表現される。

【0015】

本発明の有利な実施例は、従属請求項から得られる。

【0016】

有利な解決手段としては、有利には、マイクロフォンとフィルタのアレイにして、マイクロフォンの感度を補償し、このアレイの所望の周波数特性を達成するのである。

【0017】

各マイクロフォンの各周波数特性を補償するために複雑なデジタルフィルタを必要とする公知のマイクロフォンアレイとは異なり、本発明の方法乃至本発明の装置によると、感度補償しか必要としない。そして、本発明の方法乃至本発明の装置は、簡単なデジタルフィルタか、アナログ回路を用いて構成することができる。

【0018】

最も簡単な場合2つの簡単な指向性マイクロフォンが利用される既述のアレイを用いると、簡単な指向性マイクロフォンを用いては達成不可能な指向性指数を達成することができる。球状マイクロフォンアレイは、この結果を達成することができるが、但し、アレイが2つ以上のマイクロフォンで構成されている場合に限ってである。更に、有利には、種々のマイクロフォンの各周波数特性を補償するために、各マイクロフォンに1つのフィルタしか必要としない。

【0019】

各マイクロフォンの感度を補償するために、マイクロフォンを、このマイクロフォンの軸に対して垂直方向に設けられている音源で励起して、感度の補正量を算出する。しかし、実際には、これは常に可能とは限らない。

【0020】

択一選択的に、音源の位置とは無関係に感度を補償することもできる。これは、しかし、この音源が低周波成分しか有しておらず、その波長が各マイクロフォン間の間隔よりもずっと大きい場合に限って可能である。2つのマイクロフォンを有するマイクロフォン装置では、波長は、例えば、倍のマイクロフォン間隔よりも大きく、2つ以上のマイクロフォンを有するマイクロフォン装置での波長は、個別マイクロフォン間隔の和よりも大きい。

【0021】

マイクロフォンは、更に対状に、有利には、その主軸が共通の軸上に位置しているように配置される。しかし、傾き乃至調整角度（例えば、 $0 \sim 40^\circ$ の範囲内で変化することがある）に関して、この角度からの偏移もあり、及び、変位間隔（例えば、マイクロフォン間隔よりも小さいか、又は、同じである）に関して、この間隔からの偏移もあり得る。この偏移がある場合はいつでも、有利には、常に基準軸に位置している基準マイクロフォンが設けられ、この単数乃至複数の基準マイクロフォンに対して、マイクロフォン装置の各々他方のマイクロフォンが、主軸及び変位間隔に対して所定偏移角度だけ偏移して設けられている。

【0022】

マイクロフォンの信号は、例えば、マイクロフォンの感度を補償するためのブロックによって処理される。その後、2つの信号の差並びに和が形成され、それから1次結合が形成されて、アレイの2つのマイクロフォンによる指向性よりも高次の指向性の信号を形成することができる。

【0023】

特に、信号がフィルタにより処理されて、アレイの所望の周波数特性及び感度を達成することができる。

【0024】

更に有利には、マイクロフォン装置が、境界面的（「音響学的な境界面」での；「音響学的な境界面」は、音響学では、硬い平面、例えば、空間内のテーブル、自動車内のウィンドウガラス、又は、ルーフ、等である）に構成された2次のグラディエントマイクロフォン（四重極マイクロフォン）であり、つまり、そうすることによって、信号／自己雑音信号対雑音比が改善される。その際、更に、有効信号と周囲環境ノイズ間の信号対雑音比が、高い周囲環境ノイズ状況内（例えば、車両又は公共スペース内）での音響録音の際に大きくなる。従って、受信した音声の主観的な理解は、ホール状の周囲環境、例えば、強く反射する壁の空間内（自動車、テレホンセル、教会）内では向上する。

【0025】

四重極マイクロフォンは、カージオイド形特性の1次の2つのグラディエントマイクロフォン（その各出力信号が相互に減算される）の組み合わせから構成されている。この手段により、指向性指数は、4.8 dBから10 dBに上昇する。この際、指向性指数は、マイクロフォン主軸内に入射する有効信号が、拡散入射ノイズ信号に対して増幅される利得である。四重極マイクロフォンの個別マイクロフォンを所定境界面に適切に配設することによって、マイクロフォンの有効信号感度が、更に6 dBだけ上昇され、高次グラディエントマイクロフォンの下側周波数領域内で原理的に小さな固有信号対雑音比が有意義に改善される。

【0026】

提案されている解決手段にとって重要な点は、従来技術の解決手段に較べて僅かなコストで、有効信号を改善することができる点である。それと同時に、境界面四重極マイクロフォンの外寸は、比較可能な指向性作用の場合に、公知の装置構成の場合よりも小さい。提案されている装置では、入射する直接音響と境界面によって反射される音響（境界面近傍のマイクロフォンの指向性作用を妨げることがある）との干渉を回避することができる。

【0027】

グラディエントマイクロフォンの境界面構造により、主軸内に入射するマイクロフォン有効信号を、マイクロフォン固有雑音に対して6 dBだけ向上することができる。

【0028】

境界面に構成された高次グラディエントマイクロフォンは、雑音のある周囲環境内で音響信号を質的に高いレベルで録音する必要がある、どのような場所でもその場所にとって有意義に使用することができる。高い妨害信号抑制の他に、マイクロフォンの高い指向性により、空間内での残響を明らかに抑制することもでき、その結果、静寂な空間内でも、明らかに高い音声理解を達成することができる。紹介した本発明の使用例は、電話のフリートーク装置、自動音声認識システム、会議マイクロフォンである。

【0029】

実施例

本発明の実施例を図1～8に基づいて説明する。

【0030】

感度調整の実現が図1および2に示されている。2つのマイクロフォンが近似的に同じ周波数レスポンスを有する場合、感度調整は、限定された周波数領域で十分であり、これによって全伝送領域にわたって所望の指向特性が得られる。実践的なケースでは「同じ周波数レスポンス」という条件は良好な近似で満たされる。

【0031】

図2に示したフィルタは有利には、例えば100Hzのエッジ周波数を有するローパスフィルタとして実施可能である。

【0032】

2次のグラディエントマイクロフォンは、ノイズの多い周囲環境で音声を良好に伝送しなければならないあらゆる場合にはどのような場合でも適用可能である。例えばこれは自動車におけるフリーハンズ装置用のマイクロフォンまたはフリーハンズモードで動作する音声認識システム用のマイクロフォンとすることができる。

【0033】

マイクロフォン感度の自動調整

マイクロフォン感度調整の問題を解決するために提案された解決手段は、マイ

クロフオンがアレイで動作する間にマイクロフオン信号レベルが自動的に調整されることに基づいている。ここでは発生する周囲環境ノイズ信号レベルないしは有効信号レベルで十分である。複数のマイクロフオンによって記録されるマイクロフオン信号レベルないしはマイクロフオン信号振幅は位相には依存せずに測定され、かつ互いに調整される。この際に前提にしなければならないのは、マイクロフオンに到来する音圧レベルが実践的に同じであるか、ないしは偏差がマイクロフオン感度の許容差を格段に下回ることである。この条件が満たされるのは、音響レベルのうち優勢な音源と、マイクロフオンアレイとの間隔が、調整すべき複数のマイクロフオン間の間隔よりも格段に大きく、重畳される空間モード (Racummode) が発生していない場合である。信号レベルの測定部は、任意の形態の包絡線測定によって、ないしは真の有効値測定によって行われる。この際にこの測定の時定数は、調整すべきマイクロフオン間の最大の信号走行時間よりも大きくなければならない。感度調整は信号レベル偏差に対抗する増幅ないしは減衰によって行うことが可能である。

【0034】

図3は、単一のアレイに設けられた n 個のマイクロフオンに対する自動感度調整のブロック回路図を示している。ここでマイクロフオン1は基準マイクロフオンであり、この基準マイクロフオンのマイクロフオン信号レベルに、別のマイクロフオン2～ n のレベルが調整される。この回路図は、制御可能な増幅ないしは減衰部のブロックと、信号レベル測定のためのユニットとからなる。測定した信号レベルから差分ないしは誤差信号 e_n が形成され、これが可変の増幅器ないしは減衰器の調整量として使用される。全体としてこれは、基準入力値が基準マイクロフオンの信号レベルである $n-1$ 個の制御器である。上の段落で述べた間隔条件を守るために、隣り合うマイクロフオンを1対で調整することも考えられる(図3には示されていない)。

【0035】

図4は、2つのマイクロフオンに対する自動感度調整のブロック回路図を示しており、ここでこれらの2つのマイクロフオンの信号レベルが制御される。制御されない基準マイクロフオンを有する図3の解決手段に対するこの解決手段の利

点は、出力レベルの変化が少ないことである。それはマイクロフォンの中間の感度に制御できるからである。

【0036】

ここに示した自動マイクロフォン調整は回路技術的に簡単に実現でき、かつ例えばコストのかかる音響的な調整などの別の調整ステップを必要としない。マイクロフォンアレイ部材の数が少ないことだけでも明らかにコスト的に有利である。さらにこの方法によって連続的な調整が可能になるため、時間で発生するマイクロフォンの感度変化も考慮される。

【0037】

マイクロフォン周波数レスポンスの自動調整

マイクロフォン周波数レスポンスの自動調整とは、マイクロフォン感度調整の一般化である。周波数調整に対して前提にしなければならないのは、マイクロフォンに到来する音のスペクトル分散が、補償すべき周波数領域において類似している、ないしは偏差がマイクロフォン周波数レスポンスの許容範囲を格段に下回っていることである。この条件もまたマイクロフォン間隔に比して遠くに離れている音源においては満たされている（上の間隔条件を参照されたい）。

【0038】

調整は、マイクロフォン伝送周波数領域の部分領域において行われ、かつ相応するアナログまたはデジタルフィルタを用いた歪み補正によって行うことができる。もっとも分かりやすい場合にはこれは、（図5に示したように）並列または直列接続されたバンドパスフィルタのフィルタ構造であり、ここでこれらのバンドパスフィルタの増幅度は互いに依存せずに制御可能である。制御されない基準マイクロフォンのフィルタの周波数レスポンスの和（図5の f_{ilx1} , f_{ilx2} , ..., f_{ilxn} ）は、所望の伝送周波数領域において一定である。比較されるマイクロフォンの周波数レスポンスは、フィルタ部分帯域（ f_{ily1} , f_{ily2} , ..., f_{ilyn} ）を上げるないしは下げる（増幅または減衰）ことによって、基準マイクロフォンの周波数レスポンスに調整される。このために必要な制御信号 g_1 , g_2 , g_n は、個々の周波数領域に対して得られた誤差信号から直接導くことができる（ $g_1 \sim e_1$, $g_2 \sim e_2$, $g_n \sim e_n$ ）。精確な調

整のためには通常、多数のバンドパスフィルタが必要である。

【0039】

フィルタ構造のコストの大幅な低減は、所定の周波数領域において優勢なマイクロフォンパラメタ、例えば音到来開口部の実施形態、フロント／バックの容積、ダイヤフラムのたわみやすさと、その電氣的等価回路図とが既知であり、かつマイクロフォン間の偏差を個々のパラメタの変化に還元できる場合に可能である。これらの偏差を所期のように減少させる歪み補正フィルタによって、調整が比較的少ないコストで可能である。

【0040】

図6は調整装置のブロック回路図を示しており、ここでこの調整装置は、制御可能な歪み補正フィルタと、評価フィルタと、レベル測定ユニットとからなる。この歪み補正フィルタは、ここでもレベル測定ユニットの差分信号eを介して制御され、ここで一般的に振幅周波数レスポンスも、位相周波数レスポンスも変化する。

【0041】

感度調整に対して挙げた利点は、マイクロフォン周波数レスポンスの自動調整に対しても当てはまる。

【0042】

動作点が外部回路によって、例えば電界効果トランジスタプリアンプ（FETプリアンプ）によって調整可能な組み込み式増幅器を有するマイクロフォンの感度の簡易調整

今日通信および消費者適用分野において使用される実践的にはすべてのマイクロフォンカプセルは、組み込み式電界効果トランジスタプリアンプを有するエレクトレットコンバータである。これらのプリアンプは、極めて高いマイクロフォンソースインピーダンスを低減するため、およびマイクロフォン信号を増幅するために使用される。ここではこれは通常、電界効果トランジスタのソース回路である。入力インピーダンスと給電電圧とを変更することによって、このトランジスタの動作点を変更し、ひいてはマイクロフォンの感度も変更することができる。マイクロフォン周波数レスポンスの変更が可能であるのは、実数の入力インピ

ーダンスだけではなく、複素数の入力インピーダンスも許容される場合である。

【0043】

図7および8はそれぞれ、エレクトレットマイクロフォンの簡易な感度制御および周波数レスポンス制御に対する回路を示しており、ここでこの回路には外部の制御可能な増幅器または減衰器は不要である。最も簡単な実現は、マイクロフォン供給電圧 U_L を介する感度制御および周波数レスポンス制御であり、ここでこの電圧は、自動感度調整ないしは自動感度調節の場合、測定した音響レベルないしは信号レベルの差分信号から $U_L = (v \cdot e_n) + U_0$ で直接導くことができる（ここで v は増幅度であり、 U は一定の電圧量、例えば、感度および周波数レスポンス調整の前の出力電圧である）。マイクロフォンの給電電圧を介するマイクロフォン感度の制御範囲は、入力インピーダンスに応じて25 dBまでである（表2を参照されたい）。

【0044】

択一的には感度および周波数レスポンス制御を、マイクロフォン入力インピーダンス Z_L を制御電圧 U_{ST} によって制御することも可能であり、ここでこの制御電圧は、自動感度および周波数レスポンス調整ないしは調節の場合、測定した音響レベルないしは信号レベルから $U_{ST} = (v \cdot e_n) + U_0'$ で直接導くことができる（ここで v は増幅度であり、 U_0' は一定の電圧量、例えば、感度および周波数レスポンス調整の前の出力電圧である）。

【0045】

入力インピーダンス Z_L の電子的な制御は、実数の値に対しては、制御された電界効果トランジスタによって、また複素数値に対しては、ジャイレータ回路によって行うことができる。入力インピーダンスを介するマイクロフォン感度の制御範囲は、マイクロフォン給電電圧に依存して10 dBまでである（表2を参照されたい）。

【0046】

この形態の感度および周波数レスポンス制御の利点は、回路コストとそれに結びついたコストを最小化することである。制御範囲は、ほとんどの適用に対して十分広い。

【0047】

感度および周波数レスポンス調整において新規であるのは、マイクロフォンに到来する音の振幅情報と、位相情報とを分離することであり、このことによってマイクロフォンがアレイで動作する間に自動調整が可能になる。位相の関係がアレイの指向特性の形成に使用されるのに対して、振幅の関係は、マイクロフォン感度および振幅周波数レスポンスの調整に使用される。これによってマイクロフォンパラメタの製造許容差は補償されるため、所望の周波数レスポンスおよび全体装置の指向特性が形成される。

【0048】

組み込み式FETプリアンプを有するマイクロフォンの感度制御において新規であるのは、給電電圧ないしは入力抵抗を利用して、FETの動作点を変更し、ひいてはFETプリアンプの増幅度を変更することである。

【0049】

ここに示したマイクロフォン調整原理は、個別のマイクロフォン信号間の位相の関係を利用することによって方向に依存する感度が得られる、すべてのマルチマイクロフォン装置に使用することができる。このマイクロフォン装置は、妨害のある周囲環境において音響信号を高品質で記録しなければならないところであればどこにでも有利に使用することができる。ここでこの装置の指向特性によって、マイクロフォン主軸以外の妨害音（周囲ノイズ、反響）を減衰することができ、ならびに隣接する音源（別の発話者）を分離することができる。自動マイクロフォン調整によって、コストのかかる音響的な調整を回避することにより、作製時の大きなコストの節約が可能になり、かつマイクロフォンアレイを消費者適用分野で、例えば、通信端末装置に対するフリーハンズ装置に対して、または装置の音声制御のために使用可能になる。本発明を有利に使用できる、マイクロフォンアレイの別の適用分野は会議用マイクロフォンである。

【0050】

調整原理はすでに簡単な電子回路によって実現されており、その有用性は2次のグラディエントマイクロフォンによって検証されている。グラディエントマイクロフォンは、感度が回路によって自動的に調整される2つのカージオイドマイ

クロフォンの組み合わせ回路からなる。調整すべきマイクロフォンの感度制御は、3. 3節に示した原理によって行われる。マイクロフォン調整は、わずかな周囲環境ノイズ（室内音量）でもすでに機能し、かつ音の到来する方向には依存しない。

【0051】

組み込まれたFETプリアンプを有するマイクロフォンの感度制御はさらに有利にもマイクロフォン信号の自動制御に使用可能である。これらの回路は一般に「自動利得調整」（Automatic Gain Control）回路と称される。これらの回路の適用分野は、マイクロフォン記録チャネルを有する実践的にすべての消費者装置（カセットレコーダ、ディクテーションシステム、（フリーハンズ）電話）である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

感度調整の実施例を示す図である。

【図2】

感度調整の別の実施を示す図である。

【図3】

単一のアレイに設けられた n 個のマイクロフォンに対する自動感度調整のブロック回路図である。

【図4】

2つのマイクロフォンに対する自動感度調整のブロック回路図である。

【図5】

増幅度は互いに依存せずに制御可能な、並列または直列接続されたバンドパスフィルタからなるフィルタ構造を示す図である。

【図6】

調整装置のブロック回路図である。

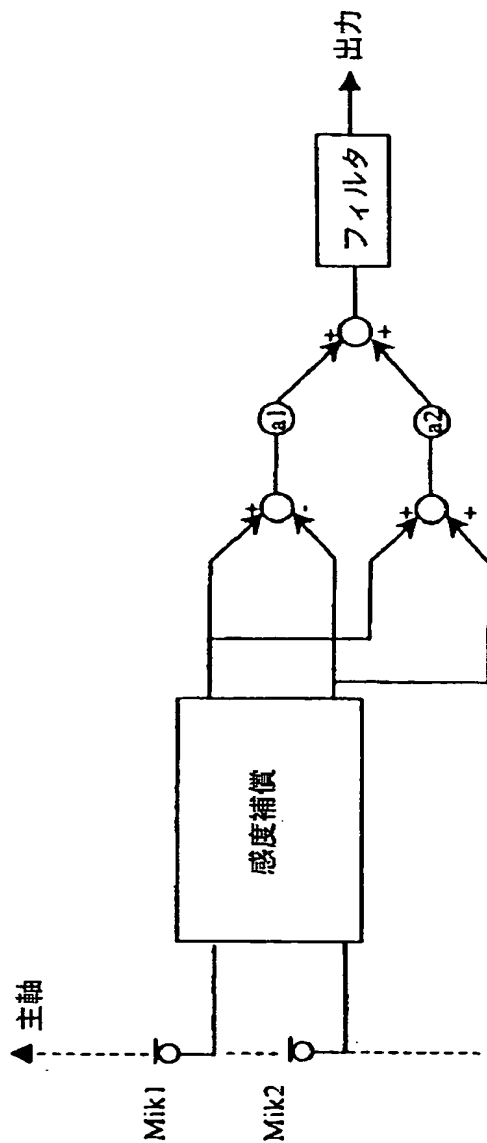
【図7】

エレクトレットマイクロフォンの簡易な感度制御および周波数レスポンス制御に対する回路を示す図である。

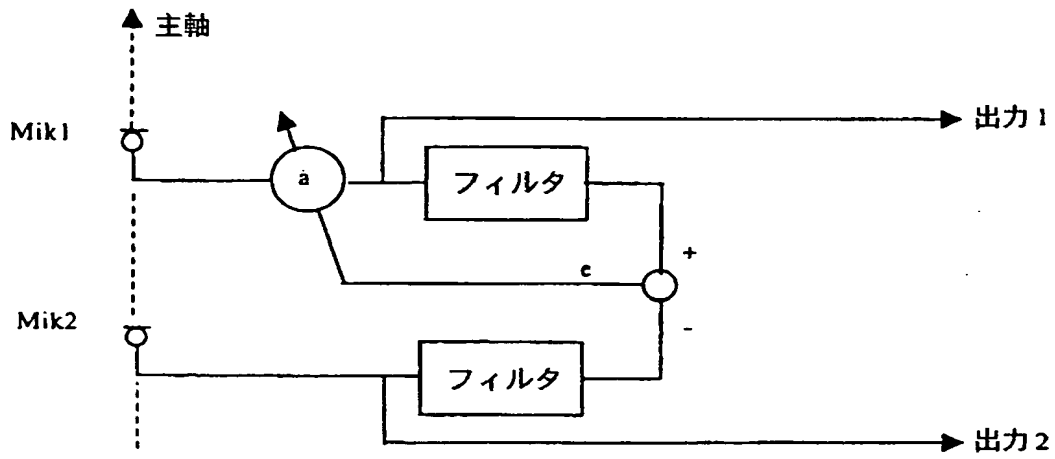
【図8】

エレクトレットマイクロフォンの簡易な感度制御および周波数レスポンス制御
に対する別の回路を示す図である。

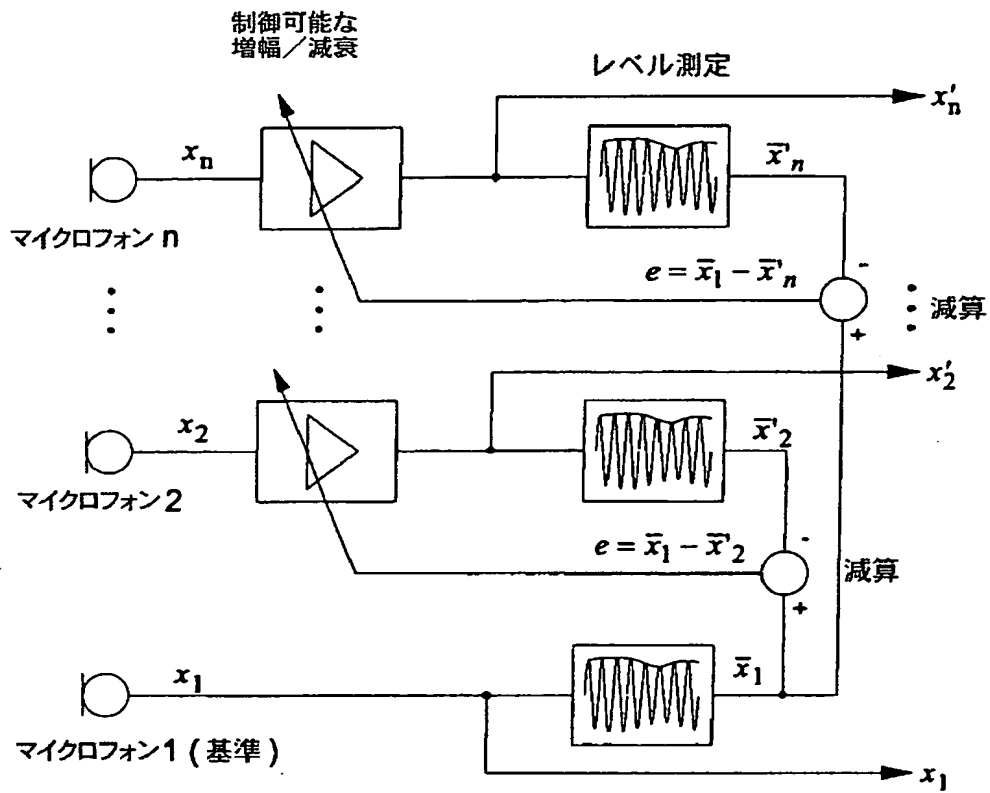
【図1】



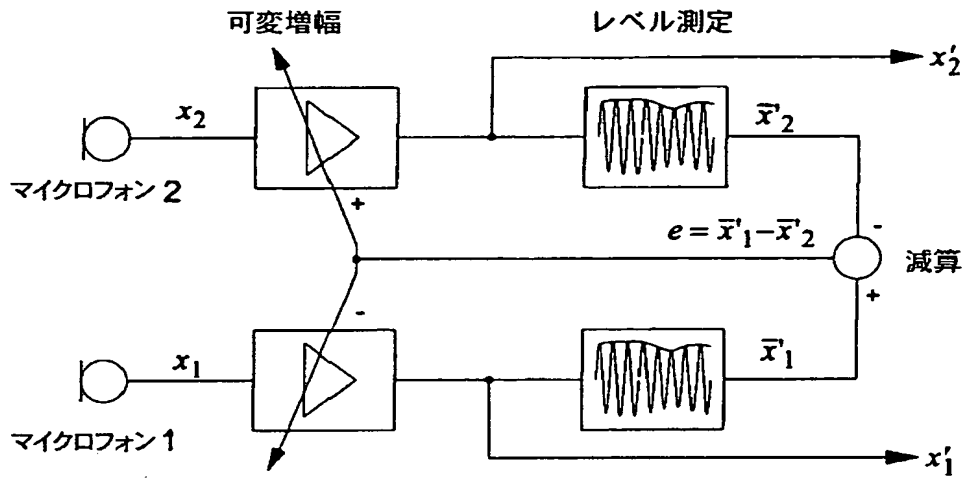
【図2】



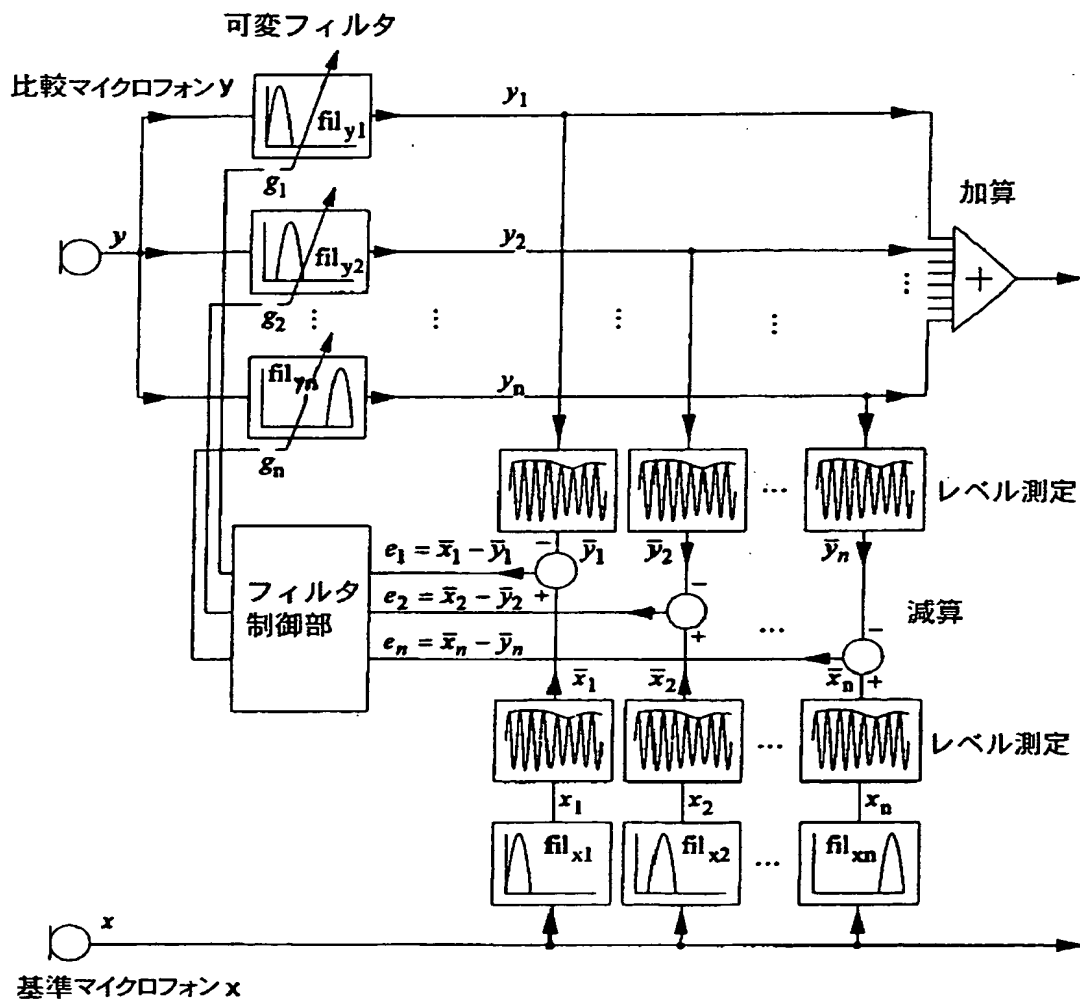
【図3】



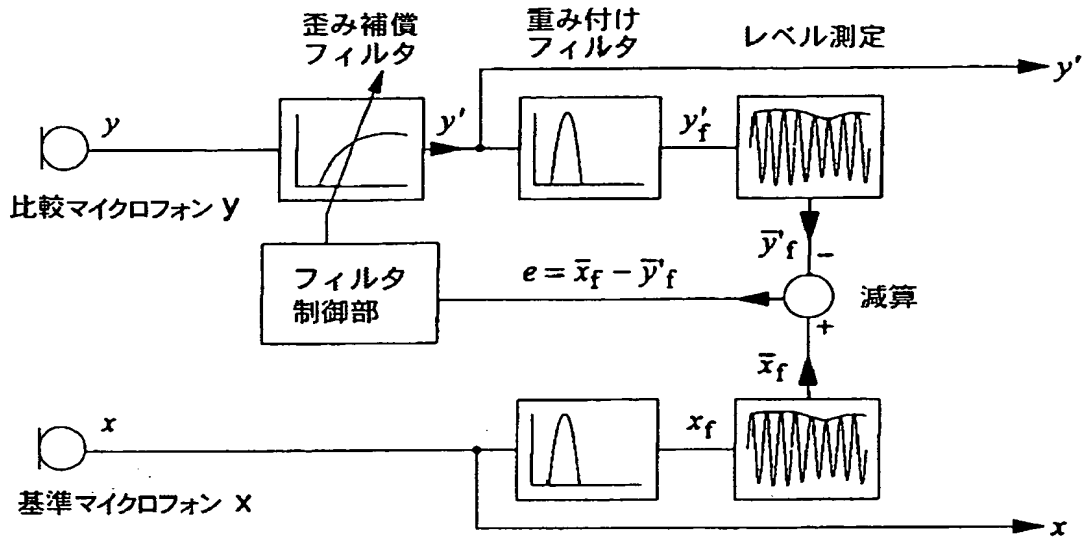
【図4】



【図5】

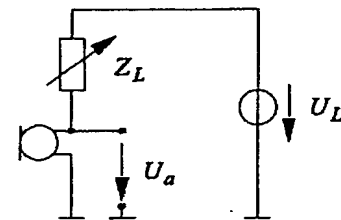


【図6】



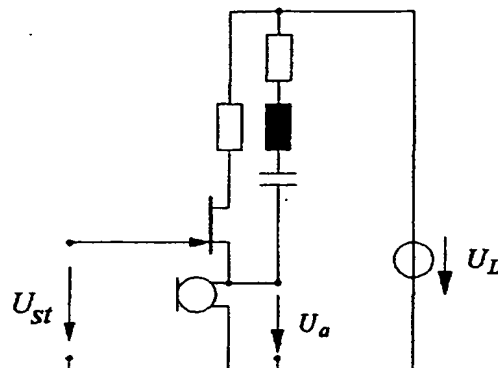
【図7】

716 7



【図8】

716 8



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No. PCT/DE 00/00859	
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H04R3/00	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H04R H03G	
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) WPI Data, PAJ	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29 September 1995 (1995-09-29) -& JP 07 131886 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 19 May 1995 (1995-05-19) abstract
A	1 2, 3, 5-7, 9, 10, 12, 19-30
A	US 4 752 961 A (KAHN DAVID A) 21 June 1988 (1988-06-21) column 1, line 5,6 column 1, line 59 -column 3, line 57 -/-
	1, 4, 8, 11, 13-20, 23-25, 27-29, 31-35
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.	
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.	
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, each combination being obvious to a person skilled in the art. "A" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 16 November 2000	Date of mailing of the international search report 22/11/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentamt 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tlx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3018	Authorized officer Zanti, P

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Int. Application No.
PCT/DE 00/00859

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 07, 31 July 1996 (1996-07-31) -& JP 08 084392 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP & NTT;), 26 March 1996 (1996-03-26) abstract	1,4,8, 11,13, 19,20, 23-25, 27-29
A	US 5 243 657 A (COTTON BRIAN) 7 September 1993 (1993-09-07) column 2, line 9-12 column 2, line 52 -column 5, line 14	1,19,23, 25,28
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 023 (E-473), 22 January 1987 (1987-01-22) -& JP 61 192198 A (FUJITSU TEN LTD), 26 August 1986 (1986-08-26) abstract	1,19,23, 25,28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Nat. Application No.

PCT/DE 00/00859

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 07131886 A	19-05-1995	NONE	
US 4752961 A	21-06-1988	CA 1236607 A	10-05-1988
JP 08084392 A	26-03-1996	NONE	
US 5243657 A	07-09-1993	NONE	
JP 61192198 A	26-08-1986	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY,
DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I
T, LU, MC, NL, PT, SE), AU, BR, C
A, CN, CZ, HU, ID, IL, IN, JP, KR
, MX, NO, PL, RU, TR, UA, US, VN,
ZA

(72)発明者 ローラント アウバウアー
ドイツ連邦共和国 ボッホルト ムスマー
キルヒヴェーク 174

(72)発明者 ラルフ ケルン
ドイツ連邦共和国 ボッホルト ヒルデガ
ルデイスシュトラッセ 1

Fターム(参考) 5D020 BB04 BB07 BB12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.